

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**Macrofauna en el Bosque Húmedo Tropical: Análisis preliminar de
diversidad basado en los registros del sistema de trampas cámara en la
Estación de Biodiversidad Tiputini.**

Gonzalo Banda-Cruz.

Proyecto final presentado como requisito para la obtención del título de Licenciado en
Ecología Aplicada.

Quito, Mayo 2012.

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Macrofauna en el Bosque Húmedo Tropical: Análisis preliminar de
diversidad basado en los registros del sistema de trampas cámara en la
Estación de Biodiversidad Tiputini.**

Gonzalo Banda-Cruz.

David Romo, Ph.D
Director del Proyecto final

.....

Stella de la Torre, Ph.D
Decana del Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

.....

Quito, Mayo 2012.

© **Derechos de Autor**

Gonzalo Banda-Cruz

2012

DEDICATORIA

A todos los académicos, naturalistas, estudiantes, activistas, público en general, jóvenes y no tan jóvenes que trabajan día a día desde diversos frentes y diversas disciplinas con el objetivo común de salvaguardar el patrimonio natural del único hogar que tenemos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a la Universidad San Francisco de Quito por la oportunidad que me otorgó para cultivarme profesional y personalmente en este centro académico.

Al Ministerio del Ambiente por otorgar los permisos de investigación que hacen posible que el Proyecto Cámaras aumente el conocimiento sobre la fauna de la Reserva de la Biosfera Yasuní. Un especial agradecimiento a John Blake y Bette Loiselle del *International Centre for Tropical Ecology, University of Missouri – Saint Louis* quienes desarrollaron el sistema de trampas cámara en la Estación de Biodiversidad Tiputini y me permitieron analizar los datos registrados, el agradecimiento se extiende al personal de la EBT particularmente a Diego Mosquera, Jaime Guerra, Kelly Swing, Consuelo de Romo, Zoila Rivera y Leonardo Zurita.

Este trabajo no habría sido posible sin el apoyo del profesorado del Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales de la USFQ. En especial Stella de la Torre y Carlos Valle por sus revisiones y consejos. El apoyo incondicional de amistad, tutelaje y académico de David Romo fueron claves y fundamentales en el término de este trabajo.

A mi familia que siempre supieron apoyarme en mi vida en la USFQ, en especial a Aura Cruz y Eliecer Cruz.

A Alegría Norris quien me enseñó que la academia es un ejercicio de perseverancia y trabajo continuo.

RESUMEN

Este documento analiza los datos colectados al muestrear una comunidad de mamíferos y aves terrestres de un bosque de tierras bajas en la Amazonía ecuatoriana. El muestreo se realizó con trampas cámara y con el objetivo de identificar la estructura de la comunidad mencionada así como documentar el uso de los saladeros. Los resultados muestran que el trampeo con cámaras es útil para ejecutar esfuerzos de monitoreo e investigación ecológica a largo plazo. Los análisis muestran diferencias significativas en las tasas de eficiencia de las cámaras colocadas en senderos versus las cámaras colocadas en los saladeros. Se encontró además diferencias significativas entre la riqueza de especies documentada para el año 2005 versus el año 2006. Finalmente se identificó que el periodo mínimo para inventariar una comunidad como la de este estudio es de 12 a 14 meses.

ABSTRACT

This paper analyses data provided by the sampling of a lowland Amazon forest terrestrial mammal and bird community in eastern Ecuador. Sampling was conducted with camera traps and aimed to identify the structure of the community and document saltlick usage. Results show that camera trapping is useful to conduct long term ecological monitoring and research. Analyses found significant differences in efficiency rates for cameras in trails versus cameras in saltlicks, as well as, significant differences between species richness recorded for 2005 versus 2006. It was also found that the shortest period of time to comprehensively monitor a community as the one in this study is of 12 to 14 months.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
METODOLOGÍA	6
ÁREA DE ESTUDIO.....	6
COLECCIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS	7
RESULTADOS.....	10
DISCUSIÓN.....	12
CONCLUSIONES.....	15
RECOMENDACIONES.....	16
REFERENCIAS.....	18
TABLAS Y FIGURAS.....	21
ANEXO	27
TRADUCCIÓN DEL DOCUMENTO.....	30

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Detalle cuantitativo de los registros fotográficos del sistema de trampas cámara de la EBT.....	21
Figura 1. Ubicación de la Estación de Biodiversidad Tiputini en la Amazonía ecuatoriana.....	21
Figura 2. Sistema de senderos y ubicación de las trampas cámara en la EBT.....	22
Figura 3. Comparación de la eficiencia de captura entre senderos y saladeros.....	22
Figura 4. Curva de acumulación de especies lograda por el sistema de trampas cámara de la EBT.....	23
Figura 5. Curva de acumulación de especies registradas durante 28 meses, desglosada por senderos y saladeros.....	23
Figura 6. Variación temporal de la riqueza de especies registrada por el sistema de cámaras en la EBT por mes del año.....	24
Figura 7. Dominancia de especies registradas en el sistema de trampas cámara de la EBT.....	24
Figura 8. Dominancia de especies registradas en los saladeros de la EBT.....	25
Figura 9. Dominancia de especies registradas en los senderos de la EBT.....	25
Figura 10. Ejemplos de imágenes con valor estético y científico.....	26

INTRODUCCIÓN.

La conservación del patrimonio natural, la conservación de la biodiversidad y de los procesos ecológicos y evolutivos que la sostienen, son los objetivos principales de la comunidad de conservación global. Las acciones de protección de la naturaleza se convierten en aun más relevantes conforme incrementamos nuestro entendimiento de la crisis ecológica y de las tasas de extinciones que se relacionan con esta crisis (Terborgh 1988). Afortunadamente, existe un incremento en el interés a nivel global acerca de la necesidad de mantener ecosistemas saludables y funcionales. Este interés no se basa exclusivamente en razones estéticas o éticas, sino también en el entendimiento de que la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas humanos depende completamente de los procesos ecológicos en los que se desenvuelve (TEEB 2009).

Desafortunadamente, y en especial en el caso de ecosistemas tropicales complejos, no existe suficiente información disponible que ayude a guiar los esfuerzos de conservación. La falta de este tipo de información puede limitar el manejo apropiado de las áreas naturales. Además, la ausencia de información ecológica incrementa la incertidumbre en la toma de decisiones y potencialmente podrían generar efectos adversos en la sostenibilidad de los reservorios de patrimonio natural. La necesidad de investigación y de acciones de conservación basadas en evidencia ha sido reconocida entonces, como una de las mejores herramientas para el desarrollo e implementación de estrategias de conservación (Karanth 2003, McDougal et al. 2003).

Estos elementos: las necesidades de conservación, las tasas de destrucción de los ecosistemas naturales, limitación de fondos disponibles y la falta de información ecológica, han impulsado a que varias agencias nacionales e internacionales decidan basar sus estrategias de conservación en áreas de particular importancia o prioritarias. Estas áreas se definen como sitios dónde se alcanzan niveles significativamente altos de

diversidad biológica y que requieren acción urgente debido a las amenazas que enfrentan, eventualmente se denominó a estos sitios como *hot-spots* de biodiversidad (Midgley 2002). El objetivo es que estas áreas reciban mayor atención de parte de los actores locales y globales y así se asegure su conservación a largo plazo.

La Amazonía ecuatoriana ha sido identificada como un área extremadamente biodiversa pero, al igual que muchas partes de los trópicos, sus bosques enfrentan presiones antropogénicas cada vez mayores (Terborgh 1999). En esta región, la Reserva de la Biosfera Yasuní (RBY), y especialmente su núcleo el Parque Nacional Yasuní (PNY), han sido señalados como una de las áreas más ricas e importantes para la conservación a nivel global (Bass et al. 2010). Partes importantes de este ecosistema se encuentran bajo la categoría de área protegida o territorio de pueblos ancestrales, sin embargo, experimentan degradación debido a actividades de tala, cacería y prospección petrolífera (Kane 1995). En general, se ha comprobado que las actividades asociadas a la prospección petrolera, en especial la apertura de carreteras contribuyen a la pérdida de hábitat natural y aumentan los problemas de fragmentación de hábitats, colonización, expansión de la frontera agrícola y el incremento de la caza y pesca de especies nativas. Estas acciones pueden fácilmente impactar la dinámica poblacional de diferentes especies de depredadores tope, dispersores de semillas y de herbívoros nativos, generando efectos cascada que afectan la calidad, resiliencia y extensión del ecosistema boscoso (Terborgh 1988, Peres 2000).

Para entender y mitigar el impacto de las acciones humanas sobre los ecosistemas boscosos tropicales, es necesario incrementar nuestro conocimiento acerca de la distribución y abundancia de especies y acerca de su variación espacial. Es importante que esta información se obtenga antes de que ocurran impactos de gran escala, de esta manera es posible desarrollar líneas base para el monitoreo y manejo de la

biodiversidad. Idealmente estos datos pueden luego utilizarse para el desarrollo de metodologías con el objetivo de usar los registros de ciertas especies como indicadores de calidad del hábitat. Los mamíferos y las aves terrestres son excelentes indicadores de calidad ecológica principalmente debido a sus requerimientos energéticos. Los análisis de comunidades de depredadores y presa también son importantes ya que son las que se ven afectadas más temprano por las actividades antropogénicas (Franzen 2006, Soberon y Peterson 2005, Vezina 1985).

El estudio de estas especies y comunidades, así como la colección de datos sobre ellas no es fácil. Es extremadamente complicado debido a la dificultad del ambiente en la que se trabaja, pero principalmente la dificultad radica en que estos organismos suelen ser crípticos, tiene hábitos nocturnos a muy silenciosos y tienden evitar encuentros. En el caso de los predadores, su baja densidad hacen casi imposibles los encuentros visuales. Para lidiar con estas dificultades los investigadores han desarrollado varios métodos de evaluación por medios indirectos como el uso de huellas o heces (Eisenberg y Redford 1999). Una segunda generación de detección indirecta se basa en el uso de sensores remotos, es decir tecnología que permite la colección de datos sin la presencia continua del investigador en el campo. Los registros fotográficos de especies, encajan en esta categoría y han sido usados ampliamente para apoyar los esfuerzos de conservación (Cutler y Swan 1999)

El uso de cámaras para el registro de la diversidad biológica no es reciente, su aplicación académica tampoco. Sin embargo, el uso de nuevas tecnologías y precios más bajos, han hecho posible su uso en diversas áreas de estudio ecológico y biológico. El uso de cámaras ha servido principalmente para estudios etológicos en varias especies y como registro de especies crípticas (Cutler y Swan 1999). Inicialmente, estos dispositivos requerían de disparadores mecánicos que restringían su uso a especies que

puedan ser atraídas con cebos. Actualmente los modelos más utilizados se activan gracias a sensores que detectan el calor corporal (mecanismo pasivo) o sensores de movimiento (mecanismo activo). El uso de las cámaras en la investigación de biodiversidad también se ha facilitado gracias al desarrollo de la tecnología digital que permite mayor almacenamiento de información. Con la tecnología adecuada el monitoreo y descarga de información puede ser ejecutada a través de conexiones inalámbricas. Estas características permiten que los investigadores minimicen sus visitas a las áreas de estudio, lo cual es clave al ejecutar investigación con especies que pueden estresarse fácilmente o incluso evitar ciertas áreas ante la presencia de cambios en los alrededores (Yasuda & Kawakami 2002).

Recientemente se ha introducido el uso de la información capturada por trampas de cámara en la elaboración de diferentes índices poblacionales y de comunidades i.e. densidad, abundancia, diversidad y dominancia (Karanth 1995, 2003). El uso de estas técnicas inicialmente se restringió a especies donde los individuos podían ser identificados individualmente y de esta manera ser “marcados” (e.g. felinos) para posteriormente con esta información elaborar modelos poblacionales basados en captura recaptura. Actualmente algunos autores sostienen, que si los dispositivos son instalados de manera adecuada (i.e. sin dejar *gaps* en el área muestreada), se puede establecer parámetros poblacionales confiables incluso en poblaciones de especies en la cuales los individuos no pueden ser identificados. Sin embargo, la elaboración de estos parámetros poblacionales está finalmente supeditado a la calibración de los índices fotográficos frente a medidas de índices con métodos tradicionales (Carbone 2001).

Es con estos antecedentes que la Estación de Biodiversidad Tiputini (EBT) de la Universidad San Francisco de Quito (USFQ), junto con el *International Center for Tropical Ecology, University of Missouri – Saint Louis* con el apoyo financiero de

National Geographic Society (NSG), llevan adelante desde el año 2004 el proyecto “Diversidad y abundancia de grandes mamíferos y aves en un bosque inalterado de la baja Amazonía, Ecuador”. El proyecto en mención incluye la instalación de (18x2) cámaras en los senderos y saladeros cercanos a la EBT. El objetivo principal de este proyecto es entender los patrones poblacionales de estas especies y analizar su variación espacial y estacional además de documentar la importancia de los saladeros para las especies del bosque húmedo tropical. Dado el aislamiento relativo del área los datos obtenidos pueden servir como una línea base para áreas con condiciones ecológicas similares, también como un indicador de la calidad ambiental del área en particular, y proveer material gráfico relacionado con las especies nativas del área. Este no es un ejercicio meramente académico también es relevante para las comunidades humanas locales, estas son quienes ejercen mayor presión sobre el recurso pero al mismo tiempo los que dependen en mayor medida de ellos. Una planificación de uso relacionada con la estacionalidad o que respete los meses de reproducción, puede ayudar al establecimiento de modelos sostenibles de cacería (Peres y Rosmalen 2002). Entre 2004 y mediados de 2007 el proyecto en mención obtuvo aproximadamente 14000 registros fotográficos. Debido a la enorme cantidad de información colectada se vio la necesidad de elaborar una base de datos que pueda lidiar con los datos y que permita ejecutar los análisis necesarios. Es así que el presente estudio tienen la finalidad de:

1. Analizar la información de las trampas cámara en la EBT.
2. Identificar si el esfuerzo de muestreo de las cámaras junto con su localización es el óptimo o necesita ser revisado.
3. Analizar la estacionalidad de la comunidad.

4. Caracterizar la comunidad registrada de mamíferos terrestre y ciertas aves grandes.

Como un producto añadido a la investigación se elaboró una base de datos que permite manejar y almacenar la información mencionada.

METODOLOGÍA.

ÁREA DE ESTUDIO

Esta investigación se lleva a cabo en la Estación de Biodiversidad Tiputini (EBT), en la provincia de Orellana 0°38.31'S, 76°8.92'O, 280 kilómetros al SE de Quito en la ribera norte del río Tiputini (Fig. 1). Esta estación fue establecida en 1994 entre la Universidad San Francisco de Quito y Boston University en 650 Ha de bosque primario (bosque húmedo tropical siempre verde con más de 3000 mm de precipitación al año (Jorgensen y Leon-Yanez 1999)) y se localiza en el interior de las casi 1,5 millón de Ha que tiene la Reserva de la Biósfera Yasuní. Los hábitats de la zona incluyen bosque de tierra firme, bosque *varzea*, pantanos y lagos tipo herradura, la zona se encuentra en un rango altitudinal de 190-270 msnm (Kreft et al. 2004). En el área se han documentado más de 1500 especies de árboles, 445 especies de peces, 215 especies de reptiles y anfibios, 525 especies de aves y más de 150 especies de mamíferos. El área ha sido reconocida como uno de los sitios neo tropicales con mayor diversidad de murciélagos a nivel mundial (Rex et al. 2008).

EBT se encuentra al interior de la Reserva de la Biosfera Yasuní y en las inmediaciones del Parque Nacional Yasuní. Hasta la fecha se ha mantenido a salvo de actividades humanas de alto impacto y mantiene comunidades de predadores y otros mamíferos terrestres neo tropicales que en zonas que experimenta cacería son los primeros taxa en desaparecer. EBT es un sitio ideal para estudios de línea base y comparativos con zonas ecológicamente similares pero que presentan afectaciones por diversas actividades

humanas. El área en general es sujeto de actividades petrolífera de exploración en aumento, principalmente mapeo sísmico y apertura de senderos. Al mismo tiempo, el Gobierno nacional, y varias ONG's locales e internacionales han iniciado una campaña internacional (Iniciativa Yasuní – ITT), la cual de ser exitosa podría detener el avance de las operaciones en el área.

COLECCIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS

El Proyecto “Cámaras” busca analizar la distribución, actividad y abundancia relativa de los mamíferos y aves terrestres en la zona de la EBT. El proyecto usa una combinación de cámaras digitales y análogas que se activan mediante un detector de calor y movimiento infrarrojo. Las cámaras análogas fueron utilizadas principalmente para compensar el “retraso” que tienen las digitales entre la apertura del diafragma y la captura de la imagen. Sin embargo, estos problemas fueron resueltos al incluir un sensor con mayor cobertura lo que permite detectar movimientos con suficiente antelación para capturar imágenes incluso en senderos muy estrechos antes de que el animal entre de nuevo en la vegetación.

Existen 36 cámaras colocadas en los senderos y saladeros alrededor de la EBT (Fig. 2). Las trampas se encuentran a una distancia aproximada de 0.5 a 1kilómetro entre ellas. Las ubicaciones de las trampas fueron seleccionadas para maximizar la posibilidad de registrar tantos individuos como sea posible, siguiendo las recomendaciones de Karanth y Nichols (1998) Cada trampa consiste en 2 cámaras (3 en algunos saladeros) para evitar que los animales puedan moverse sin ser detectados por los sensores..

Todas las fotografías son almacenadas como archivos digitales, esto incluye a las imágenes obtenidas por medios análogos. Los archivos originales se encuentran en la USFQ y una segunda copia se mantiene en *St. Louis*. Las imágenes son identificadas y codificadas con el lugar, fecha, hora, y la especie registrada, este proceso lo ejecuta

personal científico de la EBT. Estos datos se incluyen en el archivo de cada fotografía, siguiendo el protocolo para trampeo fotográfico elaborado por *Conservation International's Tropical Ecology Assessment and Monitoring (TEAM)*.

Para poder montar la base de datos se ingresó al disco duro donde se almacenan los archivos fotográficos. Se procedió a la lectura de los diferentes directorios y sus archivos a través del sistema DOS, de manera que los nombres de los archivos fueron interpretados como información textual. Esta información fue clasificada, de manera que los aproximadamente 14300 registros, que en la actualidad se visualizan como "PS-C-06-09-23-1527-Tapter.JPG, puedan ser visualizados como:

Site	Camera	Year	Month	Day	Time_cont	Spp
Puma_ Saladero	C	6	9	23	1527	Tapter

En la organización de datos se analizó de manera preliminar la información de manera que la tabla final detalla los registros en la siguiente forma:

ID	Class	Macrohabitat	Site	Camera	Year	Month	Day	Time_cont
2918	Saltlick	Terra_firme	Puma_ saladero	C	6	9	23	1527
Time_nom	Time_interval	Spp	Associated _spp					
DAY	III	Tapter	N/D					

Donde:

- ID: representa el número del registro,
- Class: categoría referente al tipo de sitio donde está ubicada la cámara (e.g. sendero o saladero),

- Macrohabitat: categoría referente al macro hábitat del bosque donde se encuentra la cámara (e.g. terra firme o varzea),
- Site: nombre del sendero o saladero donde se ubica la cámara,
- Camera: categoría que indica la cámara que tomó el registro (e.g. A, B, o C),
- Year/ Month/ Day: datos de la fecha en que se tomó el registro,
- Time_cont: hora del registro,
- Time_nom_ categoría que indica si el registro pertenece al día (600-1800) o a la noche (1801-559), ejecutado mediante una formula condicional usando el dato de la hora de la fotografía,
- Time interval: categoría que indica si el registro fue tomado en las primeras o últimas horas del día o de la noche, ejecutado mediante una formula condicional que divide al día y la noche en tres intervalos de tres horas cada uno.
- Spp: indica la especie registrada, se compone de las tres primeras letras del género y de las tres primeras letras de la especie.
- Associated_spp: indica si una segunda especie fue registrada en la fotografía .

Una vez que todos los registros fueron clasificados de la manera indicada anteriormente se ejecutaron los siguientes análisis.

Efectividad de muestreo en los senderos: se usó como unidad de muestreo el día/cámara (24 horas de funcionamiento de la cámara), se evaluó el número de especies registradas versus el número de fotografías tomadas en cada sitio por mes, con lo cuál se identificó las trampas que presentan mayor efectividad y eficiencia de captura. Una variación de este análisis consistió en tomar en cuenta el nivel de tráfico humano en los senderos, se categorizó el sitio como de alto, medio y bajo tráfico dependiendo de que

tan cerca del campamento están ubicadas las cámaras, para determinar si esto tiene un efecto en el registro de especies (Blake et al. 2011)

Efectividad del sistema de cámaras: mediante la elaboración de una curva de acumulación de especies versus el tiempo, se intentó determinar si el sistema de cámaras ha alcanzado la fase de meseta en una curva asintótica es decir que se ha llegado al máximo esperado o se encuentra en la fase exponencial, es decir que aún se podrían registrar más especies (Smith y Smith 2003).

Estacionalidad de especies: se analizó la diversidad de la comunidad registrada por el sistema de cámaras en función del tiempo (mes de registro). Para esto se elaboró los índices de riqueza de especies, y se analizó su variación por mes; se escogieron estos índices porque toman en cuenta el número de especies y no la abundancia, parámetro difícil de estimar con la información fotográfica (Magurran 2004).

Parámetros de la comunidad: se evaluó la dominancia (*rank abundance*) de las especies registradas en las cámaras en base al porcentaje de registros para cada especie en relación al total de registros (Rex et al 2008).

Para los registros se usaron los nombres científicos de las especies de acuerdo a la clasificación de Tirira (2007) para mamíferos y de Ramsen et al. (2007) para la avifauna. Los análisis estadísticos fueron ejecutados usando el software SPSS 1.1 y MS Excel.

RESULTADOS.

El sistema de trampas de la EBT desde diciembre de 2004 hasta marzo de 2007 ha tenido un esfuerzo de muestreo de aproximadamente 15120 días cámara (28 meses x 18 sitios de muestreo). En este tiempo se alcanzó 14279 registros, de los cuales el 85% contiene datos relacionados a especies del lugar (Tabla 1). Los números de registros y las especies registradas difieren entre los diferentes sitios muestreados, así como entre

los saladeros y los senderos. La eficiencia de muestreo (numero de especies versus numero de registros fotográficos) es mayor en los senderos que en los saladeros ($t=10.45$, $p<0.001$), hay que notar que la eficiencia también varía mas en los senderos (Fig. 3).

La curva de acumulación de especies registradas por el sistema de trampas ha alcanzado la fase de meseta. El sistema de trampas cámara alcanza la meseta (indicador de que existen pocas probabilidades de registrar nuevas especies a las ya registradas) después del 14to mes de muestreo, donde la curva se estabiliza con 55 especies o el 93% del total acumulado (Fig. 4). Los resultados son similares al analizar la curva de acumulación elaborada en los senderos y en los saladeros por separado (Fig. 5).

Se analizó la riqueza de especies tomando en cuenta su variación mensual para los años 2005 y 2006. Los resultados muestran que la riqueza de especies registrada varia a lo largo del año, pero también que existe una pequeña diferencia significativa entre los dos años ($t=4.3$, $p<0.001$). Al analizar la tendencia de los datos para los dos años se detecta también una tendencia a la baja (Fig. 6)

En total el sistema de trampas cámara registra 59 especies (pertenecientes a 30 familias y 20 taxa). De especial interés es que con los registros disponibles se logra identificar que 13 especies aparecen exclusivamente en los saladeros mientras que otras 20 especies aparecen únicamente en los registros obtenidos en los senderos (Anexo 1).

La dominancia de especies (*rank abundance*) muestra resultados distintos si se analiza todo el sistema (senderos y saladeros) o si se analizan los registros por separado. Al analizar todos los registros 9 especies están presentes en el 90% de los registros fotográficos (Fig. 7). Aún más pronunciada es la dominancia en los saladeros donde 7 especies están presentes en el 90% de los registros (Fig 8). En contraste, en los senderos el 90% de los registros fotográficos está dominado por 13 especies distintas (Fig. 9). Es

de particular notoriedad que el sistema de trampeo ha logrado también obtener imágenes de valor estético y científico, muchas de las cuales han sido y serán utilizadas en campañas de educación y sensibilización (Fig.10)

DISCUSIÓN.

Los datos colectados, los patrones de especies y su variación temporal, han demostrado ser extremadamente útiles y corroboran sólidamente que las trampas cámara son una metodología efectiva para estudiar y monitorear las comunidades de mamíferos neotropicales, comunidades conocidas por ser muy difíciles de observar.

El uso combinado de trampas en senderos y saladeros ha permitido una mayor captura de registros de diferentes especies, los datos (Anexo 1) indican claramente que existen especies que no habrían sido registradas si las cámaras se encontrarán exclusivamente en los senderos en lugar de los saladeros y viceversa. Los resultados muestran también que existe mayor variación en los datos registrados en los senderos (Fig. 3), esto puede tener varias explicaciones, la mas sencilla es que al ser los saladeros recursos clave para ciertas especies (Blake et al. 2011), los animales que dependen de ellos los seguirán visitando a pesar de que existan afectaciones en el área. Por el contrario, se puede afirmar que el uso de los senderos por parte de los mamíferos y aves terrestres cambiará de manera más pronunciada ante la presencia de impactos o perturbaciones. La medición de eficiencia de captura, riqueza de especies, dominancia u otros índices elaborados en base a los datos colectados en áreas de tránsito o en sitios al azar sirven mejor como indicadores de impactos que índices elaborados en base a información capturada en los saladeros.

Es posible también que la variación en los datos registrados en los senderos se deba a fluctuaciones naturales, para descartar o confirmar este tipo de afirmación se debe modelar la información obtenida en base a variables climáticas, principalmente

precipitación. De esta manera se puede distinguir mejor las causas naturales de las causas antropogénicas directas en la variación de las comunidades de fauna, pero permitirá también entender mejor el impacto real del cambio climático en las dinámicas poblacionales de la fauna del bosque húmedo tropical.

El sistema de trampas cámara de la EBT, como se muestra en los resultados (Fig. 4) ha alcanzado la fase de meseta en la curva asíntota de acumulación de especies. Es decir, se puede afirmar que la comunidad objetivo ha sido muestreada extensivamente y será poco probable que se obtengan registros de especies distintas a las que se han obtenido hasta ahora. El uso de curvas de acumulación de especies es difundido y aceptado en los estudios que buscan indicadores de que el muestreo ha alcanzado la mayor cantidad de especies, en especial en áreas dónde no se tiene certidumbre del número de especies que puedan encontrarse (Rex et al. 2008). Los resultados indican también que en este tipo de muestreo toma aproximadamente un año de monitoreo continuo el registrar lo que se estima puede ser el 90% de la comunidad objetivo. Este tipo de proyectos son costosos y es importante identificar los periodos con los cuales se puede maximizar los resultados de monitoreo. En el caso de este proyecto los resultados a la fecha, indican que el inventario de especies está casi completo, se puede justificar que se usen las cámaras en un diseño de captura distinto y así intentar adquirir datos poblacionales con mayor detalle.

Para adquirir datos poblacionales más robustos es importante solventar los problemas que se han presentado al muestrear en áreas de bosque inundable. Estas zonas cambian dramáticamente en cuestión de horas y las cámaras pueden quedar sumergidas e inservibles, al momento los registros se concentran en hábitats de tierra firme, con lo cual la comparación con áreas inundables es imposible. Además, estas áreas no muestreadas pueden ser sitios donde algunos animales permanezcan sin ser detectados,

sin embargo, al momento es imposible incluso especular al respecto debido a la falta de datos.

La dominancia de especies (*rank abundance*) muestra las especies que con mayor frecuencia aparecen en los saladeros son *Mazama americana*, *Tapirus terrestris*, *Pecari tajacu*, *Tayassu pecari*, *Pipile cumanensis* y *Cuniculus paca* probablemente porque dependen en mayor medida de este recurso. La información muestra que los herbívoros son el grupo que más intensamente usan los saladeros. Dada la importancia de estos grupos en el equilibrio de las dinámicas poblacionales de otras especies en la cadena trófica e incluso en las dinámicas de dispersión de especies vegetales en el bosque (Smith y Smith 2003), esta información refuerza la necesidad de priorizar la conservación de esta áreas y de protegerlas de la cacería (Blake et al. 2011).

Cómo se mencionó anteriormente, es probable que la información colectada en los senderos sea un indicador más sensible a la presencia o ausencia de impactos que la información colectada en los saladeros. Los resultados indican patrones de dominancia claramente distintos entre las dos áreas, en los senderos las especies que han sido registradas con mayor frecuencia son *Psophia crepitans*, *Tayassu pecari*, *Leopardus pardalis*, *Myoprocta pratti*, *Pecari tajacu*, *Tapirus terrestris*, *Mazama americana*, *Dasyprocta fuliginosa*, *Dasypus novemcinctus*, *Panthera onca*, *Puma concolor*, *Sciurus granatensis* y *Mitu salvini*. Es evidente que las especies territoriales están sobre representadas en este *ranking*, esto refuerza la necesidad de calibrar los resultados con metodología de monitoreo tradicional, en especial si se desea utilizar los registros fotográficos para evaluar parámetros poblacionales como un *proxy* de calidad ambiental.

CONCLUSIONES.

Es evidente que el sistema de trampas cámara de la EBT es un sistema efectivo para registrar de una manera no invasiva la macrofauna del bosque húmedo tropical. La prioridad de investigación e.g. inventario, monitoreo, etología o parámetros poblacionales, es el criterio que debe primar para elegir la manera y las localidades en las que se hará el muestreo. En el caso de la EBT la combinación de registros fotográficos en los saladeros junto con registros en los senderos y en lugares donde es posible maximizar la probabilidad de encuentro se ha mostrado como una estrategia válida para levantar un inventario fiable de la fauna local.

Es claro que el numero de especies por mes registradas en los senderos varía más que en los saladeros. Al momento es imposible identificar si la variación se debe a impactos aleatorios o quizá a variables ambientales como la precipitación. Sin embargo, al tener un índice que se muestra más sensible se puede inferir que éste puede ser utilizado para identificar tempranamente la presencia de impactos en el área.

Las curvas de acumulación de especies continúan mostrándose como una herramienta útil para determinar el éxito de las estrategias de inventarios de biodiversidad. En el caso de este estudio las curvas muestran que la probabilidad de encontrar especies nuevas a las ya registradas es baja. Con esta información se puede tomar una decisión más informada acerca de si el proyecto ha alcanzado los objetivos propuestos, pero también se puede guiar a otros proyectos o interesados acerca del tiempo que requiere monitorear un área de condiciones similares.

La dominancia en senderos y saladeros es diferente, eso nos indica de nuevo la naturaleza específica de los saladeros y su importancia para ciertas especies. Igualmente la dominancia sobre representada para los felinos grandes en los resultados se originan en la territorialidad de estas especies y en el hecho de que este tipo de índices no hacen uso de información de individuos. Afortunadamente el proyecto en mención ha tomado

en cuenta esta información desde el inicio y paralelamente monitorea a estas especies por medio de estrategias de captura-recaptura fotográfica, basados en los patrones individuales que es posible identificar en las manchas de la mayoría de los felinos. Finalmente, es indudable que el proyecto ha colectado imágenes de alto valor estético y científico. Estas fotografías sirven, y han sido ya utilizadas, para campañas de educación y sensibilización acerca de la fauna del bosque húmedo tropical, y también han provisto de información etológica y registros de especies valiosos para la comunidad científica (Blake et al. 2010, Cisneros y Mosquera 2010).

RECOMENDACIONES.

Se conoce que existen otros proyectos de trampas cámara en la Amazonía algunas en zonas ecológicamente muy similares al área muestreada por la EBT (*comm. pers.*) pero que están sometidas a mayor impacto. Al ser la EBT una área sin presión antropogénica de cacería, ésta información puede servir para comparar cómo difieren las dinámicas poblacionales en las áreas bajo presión. Se recomienda que se establezcan lazos de cooperación con otras instituciones que ejecutan estos proyectos, para compartir periódicamente datos, análisis y lecciones aprendidas alrededor del trampeo fotográfico. Es importante que se continúe con el proyecto, pero como se indicó anteriormente, se recomienda explorar la modificación del diseño de captura para que permita la captura de datos poblacionales robustos, algo que al momento no es posible determinar. Dado que la fase de inventario está prácticamente completa, la segunda fase del proyecto puede usar un diseño diferente de manera que los sitios y los periodos de monitoreo sean escogidos al azar, reduciendo los costos de captura de datos y aumentando la representatividad de los mismos.

Finalmente, este proyecto captura enormes cantidades de datos de diversidad, etología, ecología, etc. Puede ser difícil para un solo equipo de trabajo analizar la totalidad de

esta información de manera que los resultados sirvan para proteger o manejar los impactos en el área antes de que estos ocurran o sean de grandes proporciones. Se recomienda que el proyecto considere la liberación de las bases de datos (*open source data*) a la comunidad académica en general.

Una variación de permitir el acceso libre a la información, es colocar los datos en una base de datos global de biodiversidad, existen iniciativas que hacen uso de la bioinformática y por medio de registros de especies en tablas, texto escrito, o fotográficos, permiten analizar la presencia de especies y monitorear la áreas que habitan así como mejorar los datos de modelamiento o diversidad. Iniciativas como *Global Biodiversity Information Facility* (<http://www.gbif.org/>), *Map of Life* (<http://www.mappinglife.org/about/>) y *Biodiversity Heritage Library* (<http://www.biodiversitylibrary.org/>) se muestran como las mejores candidatas pues dado su financiamiento, curadores e instituciones de auspicio son centros de almacenamiento seguros, técnicos y a largo plazo (*comm. pers.*)

Este tipo de enfoque permitirá no sólo acelerar y diversificar los análisis de los datos obtenidos, sino también un aumento en el interés y en la diversidad de la comunidad interesada en la conservación del área. Temas como autoría, publicación y restricción de acceso a ciertos datos, son fácilmente solventables por medio de la elaboración de protocolos que combinan las licencias *creative commons* y acuerdos inter institucionales algo que ya funciona bastante bien en los proyectos de diversidad basados en captura colectiva de datos (*crowdsourcing o citizen science*) (National Biodiversity Data Centre 2012, Cornell University, 2012).

REFERENCIAS

- Bass MS, Finer M, Jenkins CN, Kreft H, Cisneros-Heredia DF, et al. (2010) *Global Conservation Significance of Ecuador's Yasuní National Park*. PLoS ONE 5(1): e8767. doi:10.1371/journal.pone.0008767.
- Blake, J., Mosquera, D., Guerra, J., Loiselle, B., Romo, D., & Swing, K. (2011) *Mineral Licks as Diversity Hotspots in Lowland Forest of Eastern Ecuador*. Diversity (3) 217-234; doi:10.3390/d3020217.
- Blake, J., Mosquera, D., Guerra, J., Romo, D. (2010) *New locality records and the first photographs of living Echimys saturnus (dark tree rat, Echimyidae) from eastern Ecuador*. Ecotropica, (16) 141-144.
- Carbone, C., Christie, S., Coulson, T., Franklin, N., Ginsberg, J., Griffiths, M., Holden, J., Kawanishi, K., Kinnard, M., Laidlaw, R., Lynam, A., Macdonald, D. W., Martyr, D., McDougal, C., Nath, L., O'Brien, T., Seidensticker, J., Smith, D., Sunquist, M., Tilson, R. & Wan Shahrudin, W. N. (2001). *The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals*. Anim. Conserv. (4) 75–79.
- Cisneros-Heredia, D. y Mosquera, D. (2010) *First record of a canid (Atelocynus microtis) predating on a caecilian amphibian*. Avances. (3) B5-B6.
- Cisneros-Heredia, D. F. (2006). La Herpetofauna de la Estación de Biodiversidad Tiputini, Ecuador. B. S. Proyecto Final, Universidad San Francisco de Quito.
- Cornell University Lab of Ornithology. (2012). *Citizen Science Central*. <http://www.birds.cornell.edu/citescitoolkit>. Accessed: May 2012.
- Cutler, T. L. & Swann, D. E. (1999). *Using remote photograph in wildlife ecology: a review*. Wildl. Soc. Bull. (27) 571–58.
- Eisenberg, J. F. & Redford, K. H. (1999) *Mammals of the neotropics*. (3) - The Central Neotropics: Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil. The University of Chicago Press.
- Griffiths, M. G. & van Schaik, C. P. (1993). *Camera-trapping: a new tool for the study of elusive rain forest animals*. Trop. Biodiv. (1) 131–135.
- Jorgessen, P.M. & Leon-Yanez, S. (1999). *Catalogue of the vascular plants of Ecuador*. Missouri Botanical Garden, St. Louis.
- Kane, J. (1995). *Savages*. Knopf, New York.
- Karanth, K.U., Nichols, J.D., Seidensticker, J., Dinerstein, E., Smith, J.L.D., McDougal, C., Johnsingh, A.J.T., Chundawat, R.S. & Thapar, V. (2003) *Science deficiency in conservation practice: the monitoring of tiger populations in India*. Anim. Conserv. (6) 141-146.

Karanth, K. U. & Nichols, J. D. (1998) *Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures*. Ecology (79) 2852–2862.

Karanth, K. U. (1995) *Estimating tiger (Panthera tigris) populations from camera-trap data using capture-recapture models*. Biol. Conserv. 71(3) 333–338.

Kreft H, Köster N, Küper W, Nieder J, Barthlott W. (2004) *Diversity and biogeography of vascular epiphytes in Western Amazonia, Yasuní, Ecuador*. Journal of Biogeography (31) 1463–1476.

Kremen, C., Lees, D., Razafimahatrata V. & Raharitsimba H. (2001) *Designing a new national park in Madagascar: The use of biodiversity data*. 400–428 in Naughton-Treves ed., African rainforest ecology and conservation. Yale University Press, New Haven.

Magurran, A. (2004) *Measuring biological diversity*. Blackwell Science.

Midgley, G. F., L. Hannah, D. Millar, M. C. Rutherford and L. W. Powrie. (2002) *Assessing the vulnerability of species richness to anthropogenic climate change in a biodiversity hotspot*. Global Ecology & Biogeography (11).

National Biodiversity Data Centre. 2012. *Biodiversity Ireland*. <http://www.biodiversityireland.ie/>. Accessed: May 2012.

Peres, C. A. (2000) *Effects of subsistence hunting on vertebrate community structure in Amazonian forests*. Conservation biology (14) 240–253.

Remsen, J. V., Jr., C. D. Cadena, A. Jaramillo, M. Nores, J. F. Pacheco, M. B. Robbins, T. S. Schulenberg, F. G. Stiles, D. F. Stotz, and K. J. Zimmer. Accessed: December 2007. *A classification of the bird species of South America*. American Ornithologists' Union. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>

Rex, K., Kelmh, D., Wiesner, K., Kunz, T. and Voigt, C. *Species richness and structure of three Neotropical bat assemblages*. (2008) Biological Journal of the Linnean Society, 94 (3): 617 DOI: 10.1111/j.1095-8312.2008.01014.x

Smith, L. & Smith, T. (2003). *Elements of ecology*. 5th ed. Pearson.

Soberón, J., Peterson, A.T. (2005). *Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas*. Biodiversity Informatics (2) 1–10.

TEEB. (2009) – *The Economics of Ecosystems and Biodiversity for National and International Policy Makers* – Summary: Responding to the Value of Nature.

Terborgh, J. (1988). *The big things that run the world: A sequel to E.O. Wilson*. Conservation Biology (2) 402–403.

Terborgh, J. (1999). *Requiem for nature*. Island Press, Washington D.C.

Tirira, D. (2007). *Guía de campo de los mamíferos del Ecuador*. Ediciones Murciélago Blanco. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 6. Quito.

Vezina, A. F. (1985). *Empirical relationships between predator and prey size among terrestrial vertebrate predators*. *Oecologia* (67) 555–565.

Yasuda, M. & Kawakami, K. (2002). *New method of monitoring wildlife via the Internet*. *Ecol. Res.* 17 (1) 119-124.

TABLAS Y FIGURAS.

Tabla 1. Detalle cuantitativo de los registros fotográficos del sistema de trampas cámara de la EBT.

Categoría	Número de registros
Fotografías en el sistema	14279
Fotografías en saladeros	10693
Fotografías en senderos	3586
Fotografías con registros válidos de especies.	12030
Fotografías sin registros válidos de especies.	1205
Fotografías de prueba	982

Figura 1. Ubicación de la Estación de Biodiversidad Tiputini en la Amazonía ecuatoriana.



Figura 2. Sistema de senderos y ubicación de las trampas cámara en la EBT.

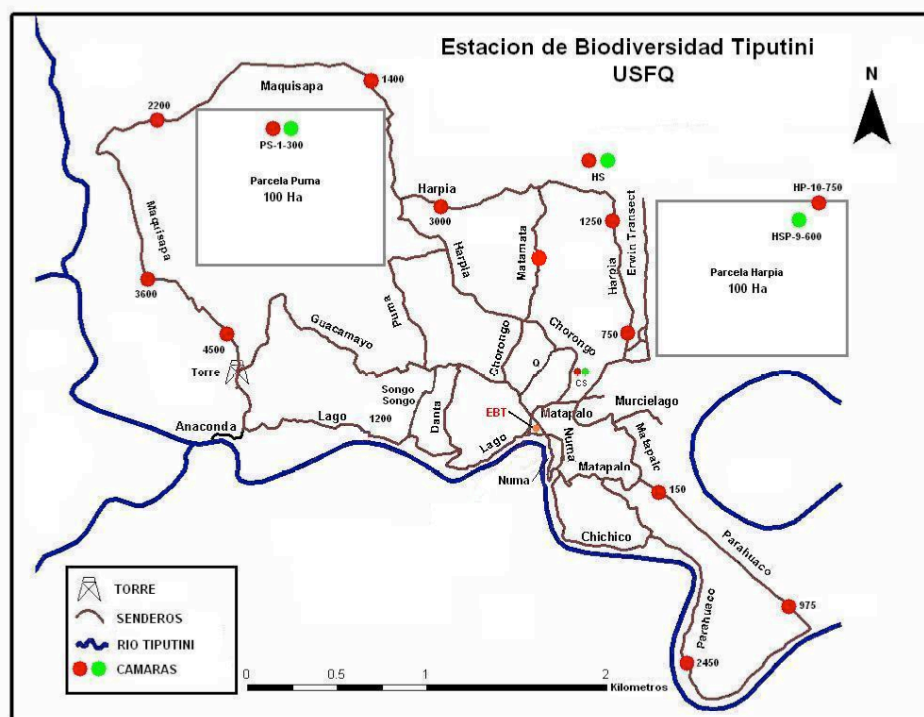


Figura 3. Comparación de la eficiencia de captura entre senderos (azul) y saladeros (rojo).

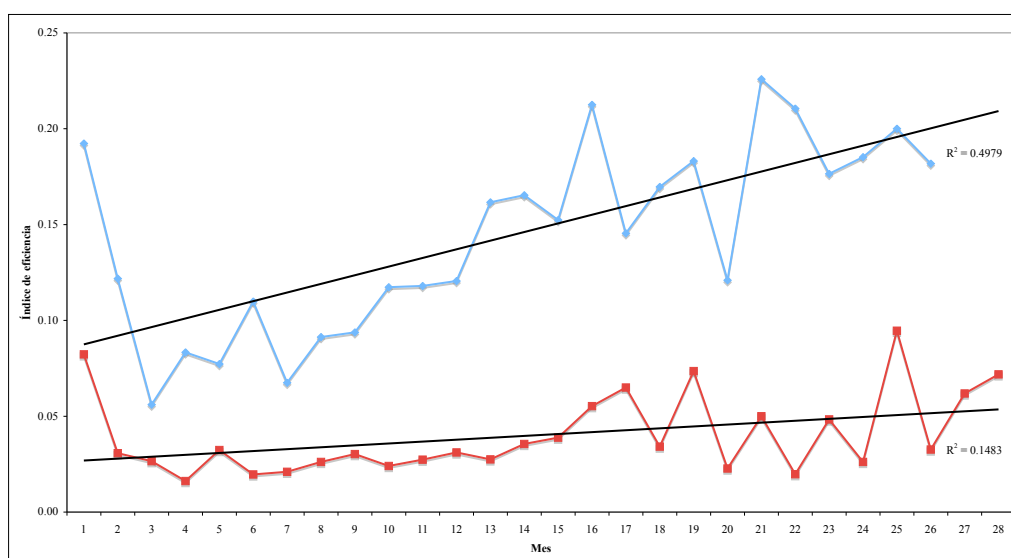


Figura 4. Curva de acumulación de especies lograda por el sistema de trampas cámara de la EBT. En rojo el total de especies, y en amarillo en porcentaje acumulado.

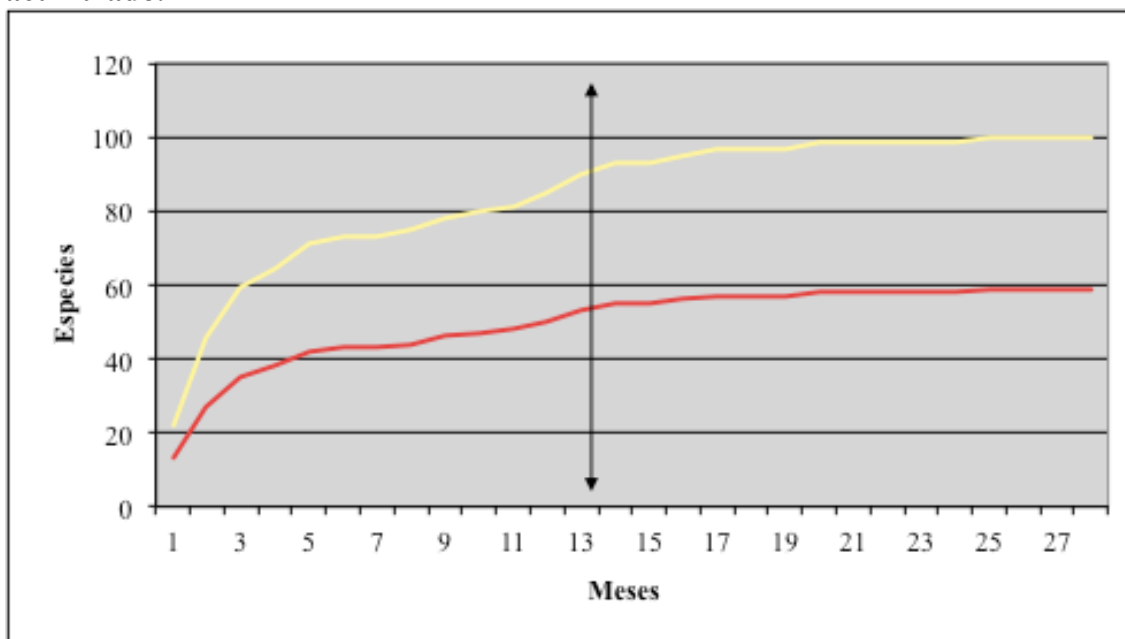


Figura 5. Curva de acumulación de especies registradas durante 28 meses, desglosada por senderos (rojo) y saladeros (amarillo).

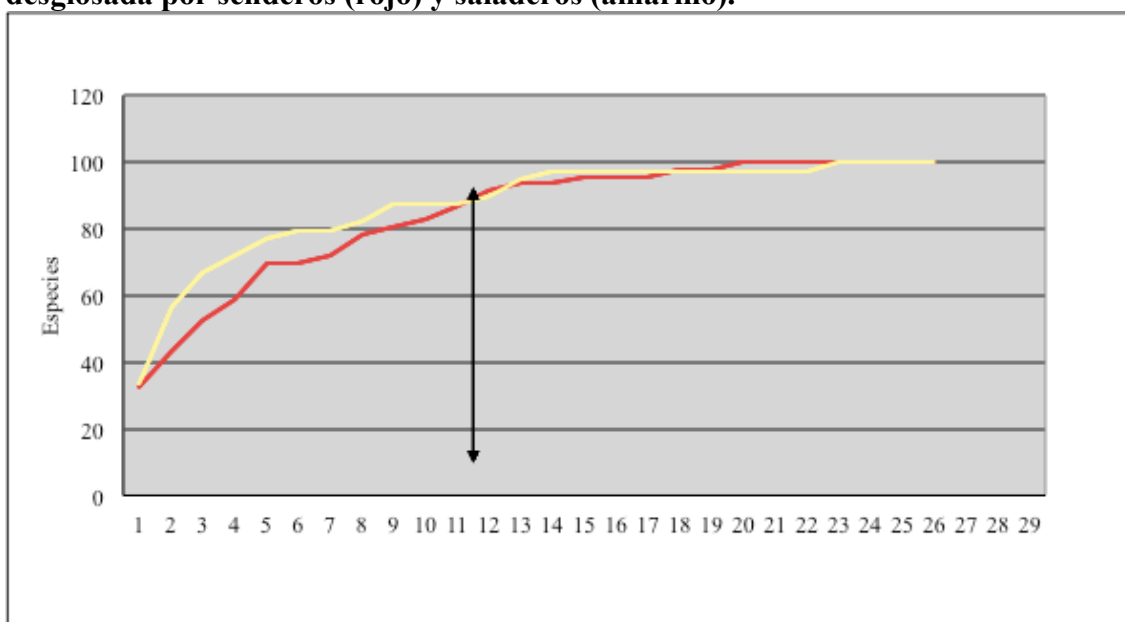


Figura 6. Variación temporal de la riqueza de especies registrada por el sistema de cámaras en la EBT por mes del año.

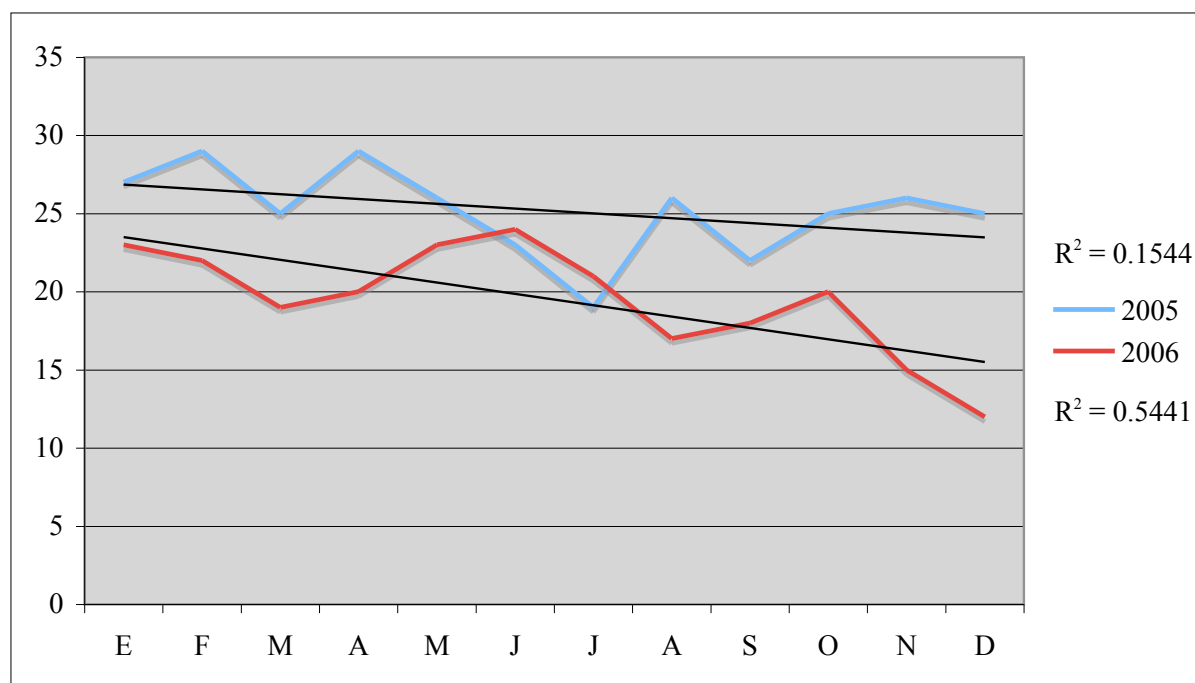


Figura 7. Dominancia de especies registradas en el sistema de trampas cámara de la EBT.

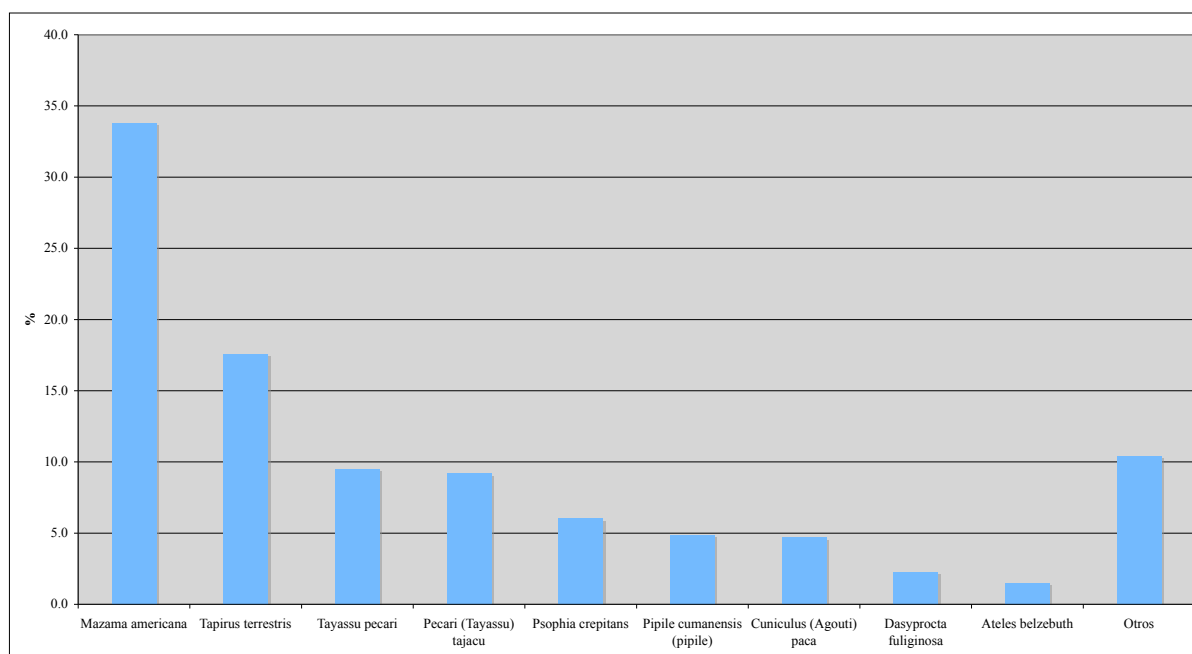


Figura 8. Dominancia de especies registradas en los saladeros de la EBT.

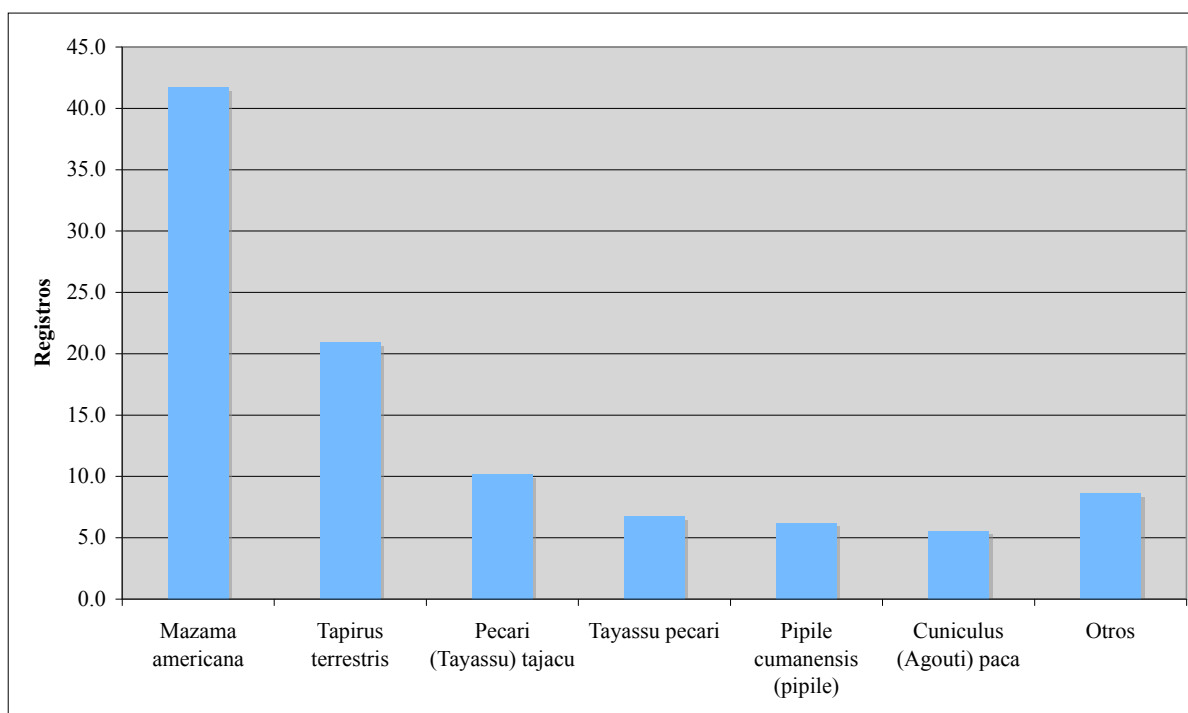


Figura 9. Dominancia de especies registradas en los senderos de la EBT.

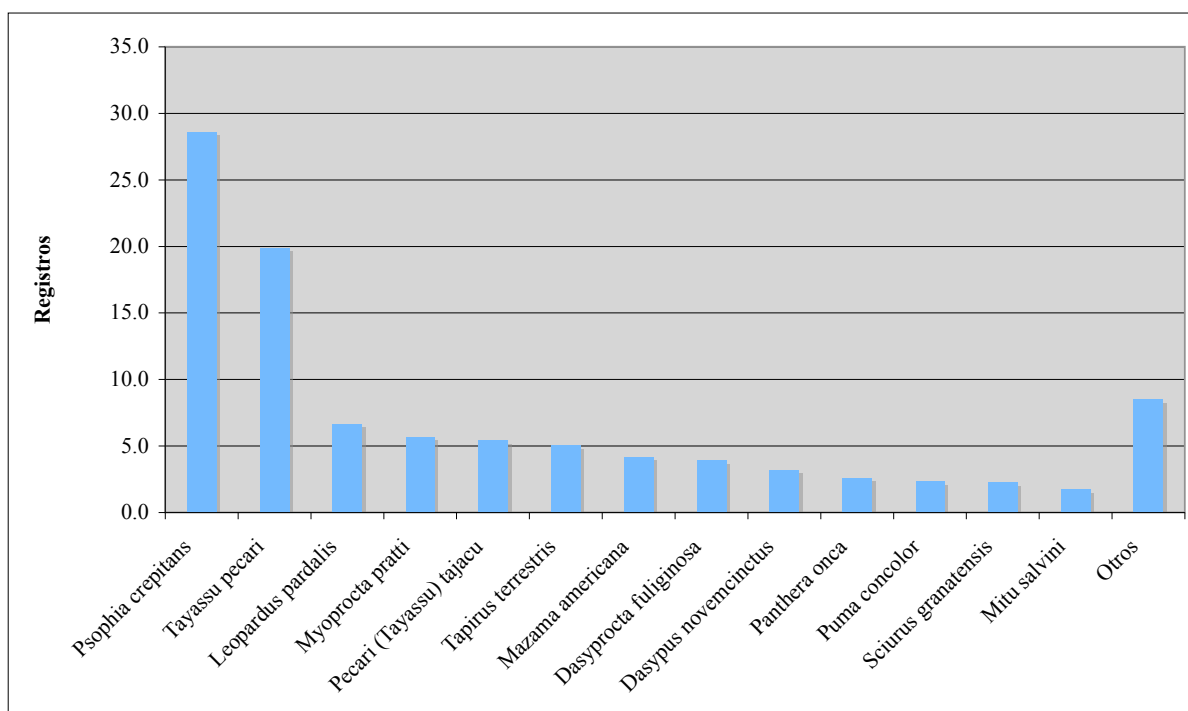


Figura 10. Los registros fotográficos con valor estético son herramientas muy útiles para campañas de educación y sensibilización acerca de la conservación de especies. Fuente: “Proyecto Cámaras”.



ANEXO .

Listado de especies capturadas por el sistema de trampas cámara en la EBT. “Sa.” se refiere al registro de la especie en los saladeros y “Se.” a los registros logrados en los senderos

	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico	Sa	Se
1	Artiodactyla	Cervidae	Venado colorado	<i>Mazama americana</i>	X	X
2	Artiodactyla	Cervidae	Venado gris	<i>Mazama gouazoubira</i>		X
3	Artiodactyla	Tayassuidae	Pecarí de collar	<i>Pecari (Tayassu) tajacu</i>	X	X
4	Artiodactyla	Tayassuidae	Pecarí de labio blanco	<i>Tayassu pecari</i>	X	X
5	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	Chotacabaras ocelado	<i>Nyctiphrynus ocellatus</i>		X
6	Carnivora	Canidae	Perro de orejas cortas	<i>Atelocynus microtis</i>	X	X
7	Carnivora	Mustelidae	Cabeza de mate	<i>Eira barbara</i>		X
8	Carnivora	Felidae	Ocelote - Tigrillo	<i>Leopardus pardalis</i>	X	X
9	Carnivora	Felidae	Tigrillo chico - Margay	<i>Leopardus wiedii</i>	X	X
10	Carnivora	Procyonidae	Coatí	<i>Nasua nasua</i>	X	X
11	Carnivora	Felidae	Jaguar	<i>Panthera onca</i>		X
12	Carnivora	Procyonidae	Oso lavador - Mapache	<i>Procyon cancrivorus</i>		X
13	Carnivora	Felidae	Jaguarundi	<i>Puma (Herpailurus) yaguarundi</i>		X
14	Carnivora	Felidae	Puma	<i>Puma concolor</i>		X
15	Chiroptera	Phyllostomidae	Murciélago frutero enano	<i>Artibeus rufus (phaeotis)</i>	X	
16	Chiroptera	Phyllostomidae	Murciélago vampiro común	<i>Desmodus rotundus</i>	X	
17	Chiroptera	N/A	Murciélagos	N/A	X	
18	Chiroptera	Phyllostomidae	Murciélago peludo de hombros amarillos	<i>Sturnira erythromos</i>	X	

19	Chiroptera	Phyllostomidae	Gran falso murciélago vampiro	<i>Vampyrum spectrum</i>	X	
20	Ciconiiformes	Ardeidae	Garza tigre castala	<i>Tigrisoma lineatum</i>	X	
21	Cingulata	Dasypodidae	Armadillo de nueve bandas	<i>Dasypus novemcinctus</i>	X	X
22	Cingulata	Dasypodidae	Armadillo gigante	<i>Priodontes maximus</i>	X	X
23	Columbiformes	Columbidae	Paloma perdiz rojiza	<i>Geotrygon montana</i>	X	X
24	Columbiformes	Columbidae	Paloma plumiza	<i>Patagioenas (Columba) plumbea</i>	X	X
25	Coraciiformes	Momotidae	Momoto coroniazul	<i>Momotus momota</i>		X
26	Cuculiforme	Cuculidae	Cuco Hormiguero Ventrirrufo	<i>Neomorphus geoffroyi</i>	X	X
27	Didelmorpha	Didelphidae	Zarigüeya - Raposa	<i>Didelphis marsupialis</i>	X	X
28	Falconiforme	Accipitridae	Gavilan negro	<i>Leucopternis melanops</i>	X	
29	Falconiforme	Accipitridae	Águila azor adornada	<i>Spizaetus ornatus</i>		X
30	Galliformes	Cracidae	Pavón de Salvin	<i>Mitu salvini</i>	X	X
31	Galliformes	Cracidae	Curasao nocturno	<i>Nothocrax urutum</i>		X
32	Galliformes	Phasianidae	Corcovado carirrojo	<i>Odontophorus gujanensis</i>		X
33	Galliformes	Cracidae	Chachalaca jaspeada	<i>Ortalis guttata</i>		X
34	Galliformes	Cracidae	Pava de Spix	<i>Penelope jacquacu</i>	X	X
35	Galliformes	Cracidae	Pava silbosa común	<i>Pipile cumanensis (pipile)</i>	X	
36	Gruiformes	Psophiidae	Trompetero aligrís	<i>Psophia crepitans</i>	X	X
37	Lagomorpha	Leporidae	Conejo silvestre	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>		X
38	N/A	N/A	Aves	N/A		X
39	Passeriformes	Formicariidae	Chamaeza noble - Striated Anthrush	<i>Chamaeza nobilis</i>		X
40	Perissodactyla	Tapiridae	Tapir - Danta	<i>Tapirus terrestris</i>	X	X

41	Pilosa	Myrmecophagidae	Oso hormiguero gigante	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>		X
42	Pilosa	Myrmecophagidae	Oso hormiguero	<i>Tamandua tetradactyla</i>	X	X
43	Primates	Atelidae	Mono aullador rojo	<i>Alouatta seniculus</i>	X	
44	Primates	Atelidae	Mono araña de vientre amarillo	<i>Ateles belzebuth</i>	X	
45	Primates	Cebidae	Mono capuchino blanco	<i>Cebus albifrons</i>		X
46	Psittaciformes	Psittacidae	Guacamayo escarlata	<i>Ara macao</i>	X	
47	Rodentia	Erethizontidae	Puerco espín brasileño	<i>Coendou prehensilis</i>	X	
48	Rodentia	Cuniculidae	Guanta - Paca	<i>Cuniculus (Agouti) paca</i>	X	X
49	Rodentia	Dasyproctidae	Guatusa	<i>Dasyprocta fuliginosa</i>	X	X
50	Rodentia	Echimyidae	Rata espinosa	<i>Echimys saturnus</i>	X	
51	Rodentia	Sciuridae	Ardilla chica	<i>Microsciurus flaviventer</i>		X
52	Rodentia	Cuniculidae	Guatín	<i>Myoprocta pratti</i>	X	X
53	Rodentia	N/A	Rata	N/A	X	X
54	Rodentia	Echimyidae	Rata espinosa	<i>Proechimys quadruplicatus (steerei)</i>	X	X
55	Rodentia	Sciuridae	Ardilla roja	<i>Sciurus granatensis</i>	X	X
56	Rodentia	Sciuridae	Ardilla roja	<i>Sciurus igniventris</i>	X	X
57	Tinamiformes	Tinamidae	Tinamú abigarrado	<i>Crypturellus variegatus</i>		X
58	Tinamiformes	Tinamidae	Tinamú grande	<i>Tinamus major</i>	X	X
59	Tinamiformes	Tinamidae	Tinamú gris	<i>Tinamus tao</i>		X